



## ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA Repository Istituzionale

Campione-multi-valore di elevata accuratezza trasportabile di alta tensione continua

*Original*

Campione-multi-valore di elevata accuratezza trasportabile di alta tensione continua / Cerri, R., Galliana, F., RONCAGLIONE TET, L.. - In: TUTTO MISURE. - ISSN 2038-6974. - 1:(2017), pp. 35-38.

*Availability:*

This version is available at: 11696/55131 since: 2017-05-22T16:19:32Z

*Publisher:*

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

# CAMPIONI DI MISURA

Roberto Cerri, Flavio Galliana, Luca Roncaglione Tet

## Campione di alta tensione continua

*multivalore, trasportabile, di elevata accuratezza*

### PORTABLE CV, HIGH VOLTAGE STANDARD: MULTIVALUE AND HIGH-ACCURACY

At the National Institute of Metrological Research (INRIM) a High DC Voltage Standard (THVS) with selectable values from 10 V to 100 V was developed, given the lack of commercial Standards higher than 10 V to be used as Laboratory Standards or for high-level measurement comparisons. An innovative ground mobile technique was used. The Standard has lower noise, better stability and accuracy than the top-level calibrators, and can be easily transported.

### RIASSUNTO

All'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM) è stato sviluppato un campione di alta tensione continua con valori selezionabili da 10 V a 100 V, data la mancanza di campioni commerciali di valore maggiore di 10 V da utilizzare come campioni di Laboratorio o per confronti di misura di alto livello. È stata utilizzata una tecnica di terra mobile innovativa. Il campione ha rumore inferiore, stabilità e accuratezza migliori dei calibratori di elevato livello, ed è facilmente trasportabile.

### IL CONTESTO

Il Campione Nazionale di tensione continua è riprodotto dal Campione Nazionale di tempo tramite l'effetto Josephson. Il mantenimento del campione avviene con campioni Zener da 10 V [1] che sono eccellenti campioni trasportabili per la resistenza agli urti, alle variazioni di temperatura e per il funzionamento a batteria. Sono utilizzati per la messa in punto di multimetri digitali (DMM) e calibratori multifunzione (MFC) [2, 3], e sono utilizzati in confronti interlaboratorio (ILC) [4, 5]. Mancano invece campioni di valore superiore a 10 V di elevate prestazioni.

I calibratori di tensione continua e multifunzione hanno elevate stabilità e precisione per tensioni fino a 1.000 V, con controllo remoto, ma possono soffrire di problemi di rumore allo stadio d'ingresso [6] e possono essere danneggiati nel trasporto per le loro dimensioni e per le sollecitazioni meccaniche. Per questo all'INRIM è stato realizzato un campione di alta tensione continua multivalore ed elevata

precisione, insorgono problemi di rumore che causano errori di misura. Il THVS può operare scollegato dalla rete poiché i suoi circuiti possono essere alimentati a batterie. Il THVS fornisce tensioni continue impostabili da 10 V a 100 V: ha un circuito di tensione di riferimento interno a 10 V con coefficiente di temperatura (TCR)  $<0,3 \times 10^{-8}/^{\circ}\text{C}$ , stabilità  $\pm 0,5 \times 10^{-6}/\text{anno}$ . Lo schema elettronico è riportato in Fig. 1.

Il THVS riceve le tensioni di alimentazione da convertitori DC-DC di precisione a bassa ondulazione programmabili. Un convertitore aggiuntivo a basso rumore e alto isolamento con uscite di  $\pm 15$  V genera tensioni per il controllo dello stadio di uscita che utilizza "P-channel MOS" ad alta tensione come limitatori di potenza.

I circuiti di controllo hanno amplificatori operazionali di precisione con bassissimi TCR e offset. I resistori di partizione sono di elevata precisione sigillati con TCR  $<0,4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . Lo stadio di uscita è protetto per massima tensione e corrente. Una tecnica di terra mobile innovativa controlla le tensioni generate con componenti per basse tensioni a

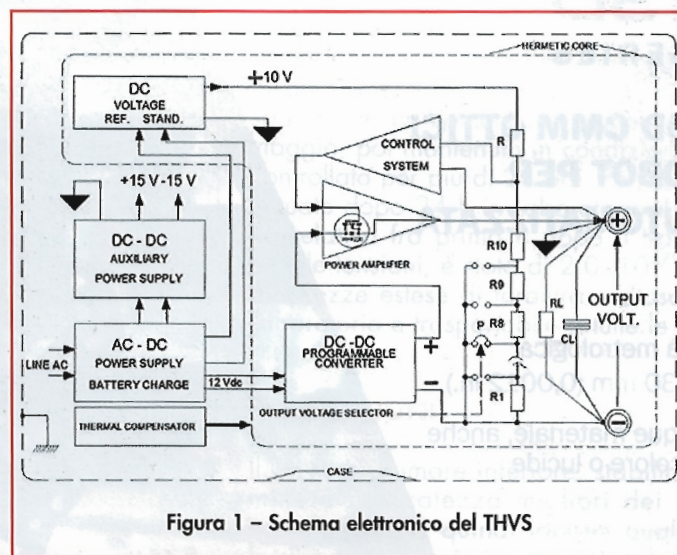


Figura 1 - Schema elettronico del THVS

precisione trasportabile (Transportable High Voltage Standard, THVS).

### DESCRIZIONE DEL THVS

Quando in un sistema di misura sono inseriti, oltre ai calibratori, altri stru-

basso costo. In Fig. 1 il potenziale di terra è portato al potenziale alto. La

Istituto Nazionale di Ricerca  
Metrologica (INRIM) - Torino  
[f.galliana@inrim.it](mailto:f.galliana@inrim.it)

potenza elettrica necessaria al circuito è fornita da batterie al piombo ricaricabili da 6 V e 5 Ah che ne assicurano il funzionamento per 36 h. Un regolatore di tensione con rumore di tensione  $30 \mu\text{Vpp}$ ,  $\text{TCR} \approx 1 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$  e corrente di uscita di 0,5 A fornisce i 12 V necessari per i componenti elettronici.

#### Specifiche del THVS

- Tensioni d'uscita da 10 V a 100 V impostabili con selettore esterno su pannello frontale con dip switch;
- Correnti d'uscita  $\geq 5 \text{ mA}$ ;
- Rumore d'uscita a 100 V  $\approx 106 \mu\text{V rms}$  vs.  $155 \mu\text{V}$  e  $153 \mu\text{V}$  di un calibratore di tensione continua e un MFC;
- Stabilità a 24 h di  $1,2 \times 10^{-8}$  a 100 V vs.  $3,8 \times 10^{-7}$ ,  $5,0 \times 10^{-8}$ ,  $1,0 \times 10^{-7}$  e  $2,5 \times 10^{-7}$  di due calibratori di tensione continua e due MFC di alto livello;
- Funzionamento a rete o a batteria.

#### Caratteristiche termiche del THVS

Il THVS ha un compensatore termico che ne mantiene la temperatura a  $37,7^\circ\text{C}$  attenuando i cambiamenti di temperatura dovuti alle diverse tensioni e alle variazioni della temperatura esterna. Migliora la stabilità e riduce i tempi di attesa dopo un cambiamento di tensione. La temperatura nel THVS in un Laboratorio a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  con il compensatore è  $\pm 0,15^\circ\text{C}$  abbassandone la componente d'incertezza. La temperatura di  $37,7^\circ\text{C}$  minimizza anche la dipendenza del THVS dall'umidità.

#### CONFRONTO CON CALIBRATORI DI ALTO LIVELLO

Per eseguire questo confronto sono stati selezionati cinque DMM con rumore e ripetibilità simili. Il THVS, due

calibratori di tensione continua e 2 MFC (in tensione continua) di elevate prestazioni sono stati confrontati a 100 V per 24 h, sottoponendoli quindi alle stesse fluttuazioni ambientali (Fig. 2). Le ripetibilità a 24 h sono state di  $3,6 \times 10^{-8}$ ,  $1,2 \times 10^{-7}$ ,  $6,8 \times 10^{-8}$ ,  $2,3 \times 10^{-7}$  e  $1,0 \times 10^{-7}$ , le derive sono state di  $1,1 \times 10^{-8}$ ,  $3,8 \times 10^{-7}$ ,  $5,0 \times 10^{-8}$ ,  $1,0 \times 10^{-7}$  e  $2,5 \times 10^{-7}$  rispettivamente per il THVS, i due calibratori di tensione continua e i due MFC.

#### TARATURA DEL THVS

Il THVS è tarato con un metodo di opposizione (Fig. 3) collegandolo all'ingresso di un divisore di tensione campione e confrontandolo con un campione INRIM da 10 V collegato attraverso un multimetro all'uscita del divisore.

## METRA SCAN 3D R-SERIES

### GLI SCANNER 3D CMM OTTICI MONTATI SU ROBOT PER L'ISPEZIONE AUTOMATIZZATA

- 1.5 volte più preciso
- Misurazioni di qualità metrologica: precisione fino a 0,030 mm (0,0012 in.)
- Scansione di qualunque materiale, anche superfici nere, multicolore o lucide

+39 02 89730645  
[www.creaform3d.com](http://www.creaform3d.com)

CREAFORM

SOLUZIONI DI  
METROLOGIA



AMETEK  
ULTRA PRECISION TECHNOLOGY

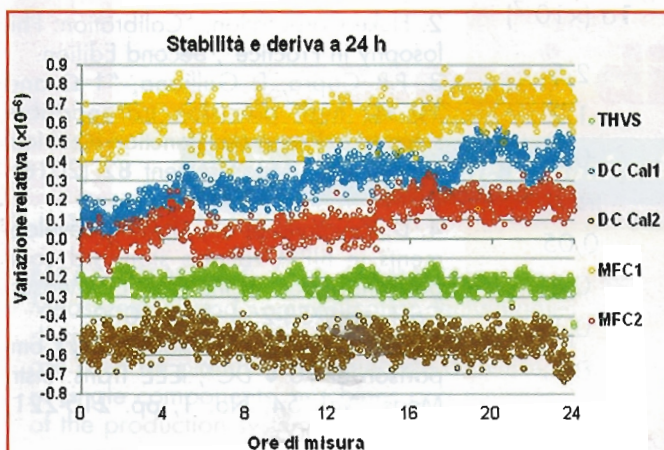


Figura 2 – Stabilità e deriva a 24 h del THVS, di due calibratori di tensione continua e di due MFC a 100 V

Il valore del THVS è:  $V_{THVS} = \frac{V_S + v}{D}$

dove  $V_S$  è il valore del campione di tensione,  $v$  lo squilibrio di tensione e  $D$  il rapporto del divisore.

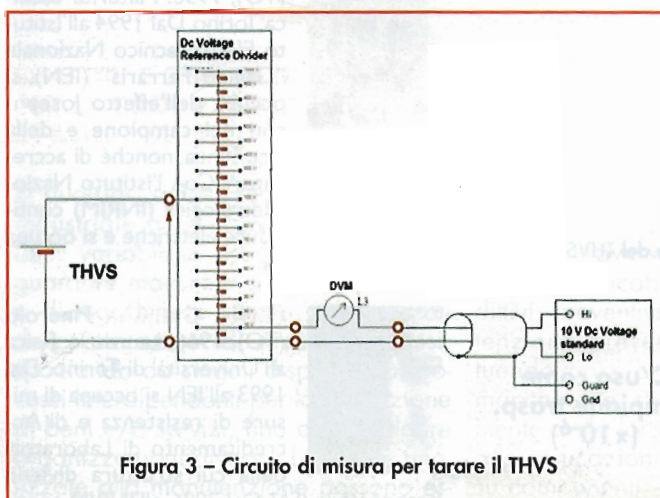


Figura 3 – Circuito di misura per tarare il THVS

## INCERTEZZE DEL THVS

### Incertezza di taratura

La Tab. 1 (a pag. 38) riporta il budget delle incertezze per la taratura del THVS a 100 V. L'incertezza estesa di taratura del THVS a 100 V è  $6,2 \times 10^{-7}$ .

### Stabilità a un anno

Il THVS è stato misurato alle varie tensioni mostrando una diminuzione lineare media di  $2,6 \times 10^{-6}$  in un anno che potrebbe migliorare con l'ulteriore stabilizzazione dei componenti interni.

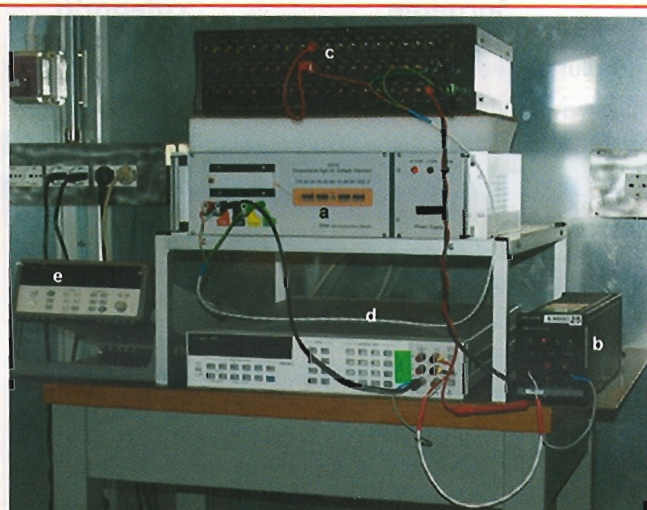


Figura 4 -- Vista del circuito di misura. a) THVS, b) Campione da 10 V, c) divisore di tensione continua, d) multimetro, e) misuratore della temperatura interna al THVS

### Incertezza d'uso

L'incertezza d'uso è quella con cui il THVS può essere utilizzato tra due tarature. La Tab. 2 (riporta un bilancio dell'incertezza d'uso del THVS a 100 V utilizzandolo come campione per un anno dalla taratura. L'incertezza d'uso estesa del THVS a 100 V è  $1,6 \times 10^{-6}$ .

### Effetto del trasporto

Il THVS, durante il trasporto, potrebbe stare ore o giorni in ambiente non controllato. Per la verifica è stato trasportato in un contenitore idoneo in auto con 2-3 h di viaggio, poi mantenuto in condizioni di temperatura non controllata per più di 24 ore. Poi, le misure sono state effettuate dopo 24 h in Laboratorio. La massima deviazione relativa fra prima e dopo il trasporto, analizzando tutte le tensioni, è stata di  $2,0 \times 10^{-7}$ . La Tab. 3 riporta le incertezze estese di taratura e d'uso come campione di Laboratorio e trasportabile a tutte le tensioni.

## CONCLUSIONI

Il THVS ha rumore inferiore, stabilità a breve-medio termine e accuratezza migliori dei migliori calibratori commerciali. È quindi idoneo quale campione di alto livello da Laboratorio o trasportabile per ILCs nazionali. Obiettivo futuro sarà la valutazione della sua dipendenza dalla pressione per utilizzarlo per ILC internazionali.

## BIBLIOGRAFIA

1. R. Pöpel, "The Josephson Effect and Voltage Standards", Metrologia, 29 pp. 153-174, 1992.

Tabella 1 - Incertezza di taratura del THVS a 100 V

| Sorgente                      | categoria | $1\sigma (\times 10^{-7})$ |
|-------------------------------|-----------|----------------------------|
| Taratura del campione da 10 V | B         | 2,5                        |
| Deriva 10 V                   | B         | 1,2                        |
| Effetto temp. 10 V            | B         | 0,2                        |
| Effetto umidità 10 V          | B         | trasc.                     |
| $f_{tem}$                     | B         | 0,05                       |
| Accuratezza DMM               | B         | 0,2                        |
| Taratura DMM                  | B         | 0,1                        |
| Ripetibilità DMM              | A         | 0,9                        |
| Taratura divisore campione    | B         | 1,0                        |
| Deriva divisore               | B         | 0,1                        |
| Effetto temp. divisore        | B         | 0,1                        |

### Incetezza tipo 3,1

Tabella 2 - Incertezza d'uso del THVS a un anno a 100 V

| Sorgente                      | categoria | $1\sigma (\times 10^{-7})$ |
|-------------------------------|-----------|----------------------------|
| Taratura                      | B         | 3,1                        |
| Deriva                        | B         | 7,5                        |
| Effetto temperatura e umidità | B         | 0,012                      |
| Rumore                        | B         | 0,7                        |

### Incetezza tipo 8,1

Tabella 3 - Incertezze estese a tutte le tensioni di taratura e d'uso del THVS quale campione di Laboratorio e trasportabile

| Tensione<br>(V) | Incertezze estese                   |                                                     |                                                       |
|-----------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                 | Di taratura<br>( $\times 10^{-7}$ ) | D'uso come<br>campione lab.<br>( $\times 10^{-6}$ ) | D'uso come<br>campione trasp.<br>( $\times 10^{-6}$ ) |
| 10              | 7,0                                 | 3,5                                                 | 3,6                                                   |
| 20              | 7,2                                 | 3,3                                                 | 3,4                                                   |
| 30              | 7,0                                 | 3,1                                                 | 3,2                                                   |
| 40              | 6,8                                 | 2,9                                                 | 3,0                                                   |
| 50              | 6,6                                 | 2,7                                                 | 2,8                                                   |
| 60              | 6,5                                 | 2,5                                                 | 2,6                                                   |
| 70              | 6,4                                 | 2,4                                                 | 2,5                                                   |
| 80              | 6,3                                 | 2,1                                                 | 2,1                                                   |
| 90              | 6,2                                 | 2,0                                                 | 2,0                                                   |
| 100             | 6,2                                 | 1,6                                                 | 1,7                                                   |

2. Fluke Corporation, "Calibration: Philosophy in Practice", Second Edition.
3. P.P. Capra, F. Galliana, "1  $\Omega$  and 10 k $\Omega$  high precision transportable setup to calibrate multifunction electrical instruments", Measurement 82 (2016), 367-374.
4. D. Reymann et al., "Recent developments in BIPM voltage standard comparisons", Proc. of the Prec. El. Measur. Conf, pp. 253-254, May 2000.
5. C.A. Hamilton, "Interlaboratory Comparison at 10 V DC", IEEE Trans. Instr. Meas., Vol. 54, No. 1, pp. 215-221, February 2005.
6. L. Callegaro, V.V. D'Elia, P.P. Capra, A. Soso, "Techniques for Traceable Measurements", IEEE Trans. Instr. Meas., Vol 56, No. 2, pp. 295-299, 2007.



**Roberto Cerri** Settimo (TO), 1956. Maturità tecnica, Torino. Dal 1994 all'Istituto Elettrotecnico Nazionale "Galileo Ferraris" (IEN), si occupa dell'effetto Josephson del campione e della

scala di tensione continua, nonché di accreditamento Laboratori. Con l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM) continua l'attività di misure elettriche e si occupa di gestione qualità.



**Flavio Galliana** Pinerolo (TO), 1966. Laurea in Fisica all'Università di Torino. Dal 1993 all'IEN si occupa di misure di resistenza e di Accreditamento di Laboratori della cui struttura diviene

Responsabile IEN. Dal 2006, all'INRIM continua l'attività di misure elettriche e si occupa di ILC.



**Luca Roncaglione Tet** Torino, 1977, Perito Meccanico, ITIS Lagrange, Rivarolo Canavese, 1996. Esperienze in ambito qualità in aziende settore Automotive. Dal 2010 in INRIM, responsabile

del Laboratorio di tarature tensione e corrente alternata, collabora allo sviluppo di dispositivi meccanici ed elettrici. È interfaccia fra INRIM ed esterno per l'attività di servizio dell'Ente nel settore elettrico.